

03P 15 958



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 05 067 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
B 22 F 3/105

⑳ Aktenzeichen: 199 05 067.8
㉔ Anmeldetag: 8. 2. 1999
㉕ Offenlegungstag: 10. 8. 2000

DE 199 05 067 A 1

㉑ Anmelder:
Fockele, Matthias, Dr., 33178 Borcheln, DE;
Schwarze, Dieter, Dr., 33106 Paderborn, DE

㉒ Vertreter:
H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

㉓ Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Vorrichtung zur Herstellung eines Formkörpers durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem Werkstoff
- ⑤7 Es wird eine Vorrichtung zur Herstellung eines Formkörpers durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem Metall angegeben, die einen Träger für den Schichtenaufbau, eine Bestrahlungseinrichtung zur Bestrahlung der jeweils zuletzt präparierten Schicht in einem dieser Schicht zugeordneten Querschnittsbereich des Formkörpers zwecks Verschmelzen des Pulvers und eine Nivellier- und Glättungseinrichtung zur Präparierung der jeweils folgenden Werkstoffpulverschicht auf der zuletzt bestrahlten Schicht aufweist. Die Nivellier- und Glättungseinrichtung umfaßt eine Schleifvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, etwaige auf erschmolzenen und erstarrten Bereichen der zuletzt bestrahlten Schicht haftenden Unebenheiten teilweise abzuschleifen, wobei die Nivellier- und Glättungseinrichtung ferner einen Glättungsschieber umfaßt, der das Pulver für die nächstfolgende Präparation einer Schicht fein verteilt.

DE 199 05 067 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung eines Formkörpers durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem Werkstoff, mit einem Träger für den Schichtaufbau, einer Bestrahlungseinrichtung zur Bestrahlung der jeweils zuletzt auf dem Träger präparierten Werkstoffpulverschicht in einem dieser Schicht zugeordneten Querschnittsbereich des Modells des Formkörpers mit einer Strahlung, insbesondere fokussierten Laserstrahlung, die das Werkstoffpulver in diesem Querschnittsbereich durch Erhitzen zum Verschmelzen bringt, einer Nivellier- und Glättungseinrichtung zur Präparierung der jeweils folgenden Werkstoffpulverschicht auf der zuletzt bestrahlten Schicht, wobei die Nivellier- und Glättungseinrichtung einen im Abstand entsprechend der gewünschten Pulverschichtdicke über der zuletzt bestrahlten Schicht hinweg bewegbaren Glättungsschieber zur Einebnung einer jeweiligen Menge an Werkstoffpulver unter Bildung einer Schicht der gewünschten Dicke über der zuletzt bestrahlten Schicht aufweist. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf das Gebiet des selektiven Laserschmelzens und geht sowohl verfahrensmäßig, als auch verrichtungsmäßig von einer Technologie aus, wie sie in der WO 98/24 574 oder der dazu korrespondierenden DE 196 49 865.1 beschrieben ist.

Bei dieser Technologie geht es um ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines Formkörpers, z. B. eines Prototyps eines Produkts oder Bauteils, eines Werkzeugprototyps oder eines Ersatzteils, entsprechend dreidimensionalen CAD-Daten eines Modells des Formkörpers durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, metallischem Werkstoff, bei dem nacheinander mehrere Pulverschichten übereinander aufgebracht werden, wobei jede Pulverschicht vor dem Aufbringen der nächstfolgenden Pulverschicht mit einem fokussierten Laserstrahl in einem vorgegebenen Bereich, der einem ausgewählten Querschnittsbereich des Modells des Formkörpers entspricht, auf eine vorgegebene Temperatur erhitzt wird und bei dem der Laserstrahl jeweils entsprechend den CAD-Querschnittsdaten des ausgewählten Querschnittsbereichs des Modells über jeweilige Pulverschicht geführt wird, wobei diese Pulverschicht an der darunter liegenden Schicht fixiert wird. Das metallische Werkstoffpulver wird als bindemittel- und flußmittelfreies, metallisches Werkstoffpulver aufgebracht und durch den Laserstrahl auf Schmelztemperatur erhitzt, wobei die Energie des Laserstrahls so ausgewählt wird, daß das metallische Werkstoffpulver an der Auftreffstelle des Laserstrahls über seine gesamte Schichtdicke vollständig aufgeschmolzen wird. Der Laserstrahl wird in mehreren Spuren über den vorgegebenen Bereich der metallischen Werkstoffpulverschicht so geführt, daß jede folgende Spur des Laserstrahls die vorherige Spur teilweise überlappt. Über der Wechselwirkungszone von Laserstrahl mit dem metallischen Werkstoffpulver wird eine Schutzgasatmosphäre aufrechterhalten.

Die aus der WO 98/24 574 bzw. der DE 196 49 865.1 bekannte Vorrichtung zur Durchführung des selektiven Laserschmelzens weist eine Prozeßkammer mit Schutzgaseinlaß und Schutzgasauslaß an entgegengesetzten Seiten der Prozeßkammer auf. In der Prozeßkammer ist ein Träger in Form eines Kolbens vorgesehen, der den Schichtenaufbau trägt und jeweils nach Bestrahlung der zuletzt präparierten Schicht um den Betrag der gewünschten Schichtdicke der nächstfolgenden Schicht absenkbar ist, so daß die Schichtenpräparation und die folgende Bestrahlung stets in derselben Höhenebene stattfinden können.

Nach jedem abgeschlossenen Bestrahlungsvorgang wird eine jeweilige Pulvermenge in die Prozeßkammer eingebracht, wobei das neu eingebrachte Material mittels einer

Nivelliereinrichtung in Form eines Glättungsschiebers über der zuletzt präparierten Schicht nach deren Bestrahlung und Absenkung verteilt wird, so daß eine möglichst ebene und glatte Schicht mit einer Schichtdicke von beispielsweise 0,1 mm für den nächsten Bestrahlungsvorgang gebildet wird.

Die Qualität der Präparation der aufeinanderfolgenden Pulverschichten im Sinne des Einhaltens einer jeweiligen vorbestimmten Schichtdicke und des Schaffens einer jeweiligen ebenen Pulverschichtoberfläche spielt eine wesentliche Rolle beim selektiven Laserschmelzen, da sie die Homogenität des aus dem Pulver erschmolzenen und wiedererstarteten Materials des Formkörpers beeinflusst.

Beim Betrieb einer Vorrichtung nach der WO 98/24 574 hat es sich gezeigt, daß während des Verschmelzens des Metallpulvers Spritzer erschmolzenen Materials entstehen können, die sich auf der wiedererstarteten Oberfläche vorher bestrahlter Bereiche der betreffenden Schicht absetzen und dort anhaften. Dabei entstehen unerwünschte Unebenheiten, die die Präparation der nächsten Pulverschicht erschweren bzw. die Qualität der Präparation der nächsten Pulverschicht wesentlich beeinträchtigen können. Häufig stehen derartige Unebenheiten über das Maß der gewünschten nächsten Schichtdicke hinaus von der zuletzt bestrahlten Schicht nach oben hin ab, so daß im Falle eines starr geführten Glättungsschiebers eine Beschädigung des Glättungsschiebers an dessen unterem Rand bei einer Glättungsfahrt auftreten kann. Der Glättungsschieber kann daher leicht verschleifen, was mit einer schleichenden Verminderung der Qualität der Pulverschichtpräparation einhergeht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art mit einer verbesserten Nivellier- und Glättungseinrichtung bereitzustellen. Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß bei einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 die Nivellier- und Glättungseinrichtung eine Schleifvorrichtung aufweist, die dazu eingerichtet ist, etwaige auf verschmolzenen und erstarrten Bereichen der zuletzt bestrahlten Schicht nach oben hin absteigende und anhaftende Unebenheiten zumindest teilweise abzuschleifen.

Mittels der Schleifvorrichtung werden zu Unebenheiten auf der Oberfläche des verschmolzenen Materials erstarrte Schmelzenspritzer zumindest so weit abgeschliffen, daß ihre Höhe nicht über die gewünschte Dicke der nächsten zu präparierenden Pulverschicht hinausreicht. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hat die Schleifvorrichtung als Schleifwerkzeug eine elektromotorisch zur Drehung angetriebene Schleifwelle oder Fräswelle, die mittels einer Schiebbeantriebsvorrichtung über die zuletzt präparierte Schicht hinweg verfahrbar ist.

Der jeweilige Höhenabstand zwischen der zuletzt präparierten Schicht und dem Schleifwerkzeug ist vorzugsweise einstellbar, insbesondere auf einen der gewünschten Dicke der zu präparierenden nächsten Schicht entsprechenden Wert oder einen kleineren Wert. Das Schleifwerkzeug kann dann beispielsweise ausgehend von einer seitlichen Parkstellung an einer Seite der Prozeßkammer mit der betreffenden Höheneinstellung über die zuletzt bestrahlte Schicht hinweg zur gegenüberliegenden Seite der Prozeßkammer verfahren werden. Dabei kann es vorgesehen sein, daß der Drehantrieb des Schleifwerkzeugs während dieser translatorischen Bewegung gesteuert ein- und ausgeschaltet werden kann, um das Schleifwerkzeug jeweils an den Stellen im Schleifbetrieb laufen zu lassen, an denen im letzten Bestrahlungsschritt Pulver verschmolzen wurde.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind das Schleifwerkzeug und der Glättungs-

schieber in einer Schichtenpräparator-Baugruppe zusammengefaßt, die insgesamt über die zuletzt präparierte Schicht hinweg geführt verfahrbar ist, um hervorstehende, fest an zuletzt verschmolzenen Bereichen haftende Unebenheiten zu schleifen und die jeweils nächste Schicht zu präparieren. Dabei kann es vorgesehen sein, daß sowohl das Schleifwerkzeug als auch der Glättungsschieber während einer einzigen Fahrt über die zuletzt bestrahlte Schicht hinweg wirksam werden, um betreffende Unebenheiten zu schleifen und nachgeliefertes Pulvermaterial zur Bildung der nächstfolgend zu bestrahlenden Schicht unter Einstellung der richtigen Schichtdicke einzuebnen.

Hierzu ist es erforderlich, daß das Schleifwerkzeug in Vorwärts-Fahrtrichtung der Schichtenpräparator-Baugruppe vor dem Glättungsschieber angeordnet ist. Bei einer solchen Konstruktion mit einer Schleifwelle und einem Glättungsschieber ist die Schichtenpräparations-Baugruppe nur bei Vorwärtsfahrt aktiv, und die Rückfahrt ist eine Leerlauffahrt, die beispielsweise stattfindet, nachdem die während der Vorwärtsfahrt präparierte Schicht bereits bestrahlt und mit ihrem Träger abgesenkt wurde.

Eine alternative Ausführungsform sieht vor, daß die Schichtenpräparator-Baugruppe zwei Schleifwerkzeuge, insbesondere Schleifwellen aufweist, zwischen denen wenigstens ein Glättungsschieber vorgesehen ist. Eine solche Anordnung erlaubt einen aktiven Betrieb der Schichtenpräparator-Baugruppe sowohl bei Vorwärtsfahrt als auch bei Rückwärtsfahrt, so daß Leerlauffahrten überflüssig werden können. Die bei der betreffenden Fahrtrichtung jeweils vorlaufende Schleifwelle ist dann jeweils die zu aktivierende Schleifwelle. Bei der Ausführungsform mit zwei Schleifwellen kann es vorgesehen sein, daß die bei der betreffenden Fahrtrichtung nachfolgende Schleifwelle gegenüber der Unterkante des Glättungsschiebers geringfügig angehoben ist. Auf diese Weise wird verhindert, daß die vom Glättungsschieber bereits sehr gut eingeebnete Schicht von der nachlaufenden Schleifwelle aufgeraut wird.

Sofern es im Einzelfall tolerierbar sein sollte, daß die präparierte Schicht eine gewisse Oberflächenrauigkeit hat, so ist es denkbar, daß die nachlaufende Schleifwelle den Glättungsschieber bildet.

Wenngleich die jeweilige Zufuhr an Metallpulver für die Bildung der nächstfolgenden Schicht beispielsweise auf die Weise erfolgen könnte, wie es in der bereits eingangs genannten Wo 98/24 574 beschrieben ist, so wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, daß die Nivellier- und Glättungseinrichtung einen über die zuletzt präparierte Schicht hinweg verfahrbaren Pulverspender umfaßt, der während seiner Fahrbewegung Werkstoffpulver für die zu präparierende Schicht abgibt. Der Pulverspender ist vorzugsweise Bestandteil der verfahrbaren Schichtenpräparator-Baugruppe. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Pulverspender wenigstens eine Reservoirkammer zur Aufnahme von Werkstoffpulver und einen zwischen dem Schleifwerkzeug und dem Glättungsschieber liegenden Ausgabespalt auf, der dicht oberhalb des Oberflächenniveaus der zu präparierenden nächsten Schicht nach unten hin mündet, um bedarfsweise Werkstoffpulver für die Schichtenbildung nach unten hin auslaufen zu lassen, welches vom folgenden Glättungsschieber dann fein verteilt und in der gewünschten Schichtdicke nivelliert wird. Der Glättungsschieber kann beispielsweise von einer den Ausgabespalt des Pulverspenders rückseitig begrenzenden Wand gebildet sein. Insbesondere sollte sich der Ausgabespalt des Pulverspenders im wesentlichen über die gesamte Breite des Glättungsschiebers erstrecken. Entsprechendes gilt für eine als Schleifwerkzeug vorgesehene Schleifwelle in der Schichtenpräparator-Baugruppe.

Die Schichtenpräparator-Baugruppe ist vorzugsweise als Einheit mit daran angeordnetem Drehantriebsmotor für das Schleifwerkzeug, insbesondere Schleifwelle montierbar und demontierbar.

Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Teilschnitt-Seitenansicht ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung nach der Erfindung.

Fig. 2 zeigt in einer vergrößerten Teilschnitt-Darstellung eine Schichtenpräparator-Baugruppe in ihrer Betriebslage relativ zu einem bereits teilweise fertiggestellten Formkörper.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Ansicht von schräg oben auf eine konkrete Ausführungsform der Schichtenpräparator-Baugruppe.

Fig. 4 zeigt eine perspektivische Draufsicht auf das isolierte Prozeßkammergehäuse aus Fig. 1.

Fig. 5 zeigt eine Dosierwelle, wie sie in einer in Fig. 4 erkennbaren Beschickervorrichtung vorgesehen ist.

In Fig. 1 ist schematisch eine Vorrichtung nach der Erfindung teilweise im Schnitt dargestellt.

Die Vorrichtung umfaßt ein Außengehäuse 3, das beispielsweise von einem im Handel verfügbaren Schaltschrank gebildet sein kann. In dem Gehäuse befindet sich eine horizontale Stützplatte 5, die das Gehäuse 3 in einen oberen, die Prozeßkammer 7 enthaltenden Bereich 9 und in einen eine Steuerungseinrichtung 13 der Vorrichtung aufnehmenden unteren Bereich 11 unterteilt. In der von dem Prozeßkammergehäuse 15 mit Deckel 17 begrenzten Prozeßkammer 7 befindet sich der gesteuert vertikal verfahrbare Träger 19 zur Abstützung des Schichtenaufbaus und des darin entstehenden Formkörpers 21. Der eine im wesentlichen horizontale Stützfläche bildende Träger 19 weist an seiner Unterseite einen vertikalen Antriebsschaft 23 auf, der durch eine Führung der Plattform 5 hindurch geführt ist und an seinem unteren Ende über zwei einander entgegengesetzt angeordnete Seitenarme 24 mit einem jeweiligen vertikal geführten Linearantrieb 25, beispielsweise Kugelspindelantrieb mit Motor 26 verbunden ist. Die Linearantriebsanordnung 25 wird von der Steuereinrichtung 13, die ein Steuerrechner im Gehäuse 3 umfaßt, angesteuert, um den Träger 19 zur Präparation einer jeweiligen folgenden Werkstoffpulverschicht vorzugsweise um das Maß der gewünschten Schichtdicke jeweils abzusenken oder ggf. bei Bedarf anzuheben.

Im Beispielsfall sind an dem Träger 19 weitere vertikale Führungsschäfte 28 vorgesehen, die durch Linearführungen in der Plattform 5 hindurch geführt sind. Von den im Beispielsfall vier symmetrisch zu dem Antriebsschaft 23 angeordneten Führungsschäften 28 sind in Fig. 1 zwei erkennbar.

Weiterhin sind gemäß Fig. 1 wenigstens zwei vorzugsweise symmetrisch zu dem Antriebsschaft 23 angeordnete Federmechanismen 30 vorgesehen, die dazu dienen, das Gewicht des Trägers 19 und dessen Last (Formkörper 21 und betreffendes Werkstoffpulver) nachgiebig abzustützen und somit die Linearantriebsanordnungen 25 hinsichtlich der Gewichtsbelastung durch den Träger 19 zu entlasten. Gegebenenfalls kann man auch mit nur einem Federmechanismus auskommen. In Fig. 1 sind die Federmechanismen 30 mit einer Schraubenfeder dargestellt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Federmechanismen 30 handelt es sich jedoch um Gasdruckfedern. Es wird darauf hingewiesen, daß der vorstehend beschriebenen Anordnung zur Abstützung, Führung und zum Antrieb des Trägers im Rahmen der vorliegenden Erfindung selbständige Bedeutung zukommen kann.

Zu Beginn der Herstellung eines Formkörpers 21 wird der

Träger 19 gesteuert in eine vertikale Startposition verfahren, deren Lage in Fig. 1 mit S angedeutet ist. Dann wird die noch zu erläuternde Schichtenpräparator-Baugruppe 32 aktiviert, um auf dem Träger 19 eine erste Werkstoffpulverschicht L bestimmter Schichtdicke zu präparieren. Die Schichtdicke beträgt beispielsweise etwa 0,1 mm. Sie kann jedoch abhängig von den Gegebenheiten größer oder kleiner gewählt werden. Nach Fertigstellung der ersten Schicht L kommt dann die Bestrahlungseinrichtung 34 zum Einsatz, um die Schicht L in einem ihr zugeordneten Querschnittsbereich des Modells des herzustellenden Formkörpers 21 abschnittsweise mit einem fokussierten Laserstrahl 36 abzutasten, dessen Energiedichte in der Ebene S ausreicht, um das Pulvermaterial über den Schmelzpunkt zu erhitzen und zu verschmelzen, so daß nach Erstarrung der aufgeschmolzenen Bereiche diese eine möglichst homogen zusammenhängende Festphase bilden. Bei dem Laser 38 handelt es sich vorzugsweise um einen diodengepumpten Festkörperlaser oder Nd-YAG-Laser, dem eine Strahlaufweitungs- und Fokussieroptik 40 im Strahlengang nachgeschaltet ist. Die optische Einrichtung 40 befindet sich zwischen dem Laser 38 und einem X-Y-Scanner 42 mit (nicht näher dargestellten) Schwenkspiegeln, die nach Maßgabe der jeweiligen CAD-Querschnittsdaten des herzustellenden Formkörpers 21 und der Steuerung der Steuerungseinrichtung 13 bewegt werden, um den Laserstrahl 36 entsprechend zu führen. Vorzugsweise befinden sich die Scannerspiegel 42, die optische Einrichtung 40, der Laser 38 und ggf. weitere zwischen Scanner 42 und Laser 38 vorgesehene Elemente der optischen Einrichtung 34 an einem gemeinsamen Träger, so daß die optische Einrichtung 34 als Baueinheit auswechselbar montierbar und demontierbar ist. Die optische Einrichtung 34 befindet sich außerhalb der Prozeßkammer 7. Ein oberes Fenster 44 in dem Deckel 17 des Prozeßkammergehäuses läßt den Laserstrahl 36 zur Prozeßkammer 7 hin durchtreten. Vorzugsweise ist das Fenster 44 mit einer auf die Wellenlänge des Lasers 38 abgestimmten Antireflexionsschicht beschichtet.

Nach Bestrahlung der ersten Schicht L und somit Herstellung der ersten Schicht des Formkörpers 21 wird dann der Träger 19 um das Maß der gewünschten nächsten Schichtdicke gesteuert abgesenkt und es folgt die Präparation der nächsten Schicht, die dann wieder entsprechend dem Muster des dieser nächsten Schicht zugeordneten Querschnitts des Formkörpers 21 mittels Laserstrahl 36 selektiv verschmolzen wird. Diese Vorgehensweise wird dann entsprechend wiederholt, bis der Formkörper 21 fertiggestellt ist.

Auf der mit Blick auf Fig. 1 erkennbaren Rückseite der Prozeßkammer 7 ist dicht oberhalb der Startebene S ein Schutzgasverteiler 45 vorgesehen, dem Schutzgas, vorzugsweise Helium, über eine äußere Schutzgaszuführung zugeführt wird. Auf der in Fig. 1 nicht erkennbaren gegenüberliegenden Seite befindet sich vorzugsweise auf gleichem Höhenniveau knapp oberhalb der Startebene S ein entsprechender Schutzgassammler, der das Schutzgas zu einer Schutzgasabführungsleitung abführt. Vorzugsweise ist die Schutzgasabführungsleitung über ein Filter und eine Pumpe mit dem Schutzgaseinlaß verbunden, so daß das Schutzgas im Kreislauf gepumpt werden kann. Wie auch bereits in der WO 98/24 574 beschrieben, dient das Schutzgas dazu, Luft-sauerstoff möglichst von dem jeweiligen Schmelzbereich (Wechselwirkungsbereich zwischen Laserstrahlung und Pulver) fernzuhalten, um Oxidationsvorgänge zu vermeiden. Der sich vorzugsweise über nahezu die gesamte Breite der Prozeßkammer 7 erstreckende Schutzgasverteiler 45 und das als Schutzgassammler ausgebildete entsprechende Gegenstück sorgen dafür, daß die Schutzgasströmung möglichst laminar ist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, daß weiterhin Mittel zur Ausbildung eines vorzugsweise laminar bewegten Schutzgaspolsters, vorzugsweise Argon-Polsters, oberhalb der über den Schutzgasverteiler 45 eingebrachten Schutzgasschicht vorgesehen sind, wobei es sich bei diesen Mitteln ebenfalls um Verteiler und Sammler für das vorzugsweise schwerere Schutzgas (hier Argon) handeln kann, die z. B. als Lochreihen im Deckel 17 realisiert sind, wobei die Löcher dieser Lochreihen an ein Gaszugführungs- und Gasabführungssystem angeschlossen sind, welches vorzugsweise ebenfalls im Kreislauf betreibbar ist und einen Filter sowie eine Pumpe aufweist. Die obere Gasschicht sorgt dafür, daß aus der Wechselwirkungszone zwischen Laserstrahl 36 und bestrahlter Pulverschicht ggf. aufsteigende Dämpfe mit dem Gas weggeführt werden, bevor diese Dämpfe das Fenster 44 erreichen und dort etwaige Rückstände hinterlassen können, die die optische Durchlässigkeit des Fensters 44 für den Laserstrahl 36 beeinträchtigen könnten. Der vorstehenden Technologie zweier übereinander liegender Schutzgasbereiche kommt im Rahmen der vorliegenden Erfindung ggf. selbständige Bedeutung zu.

An dem Gehäusedeckel 17 ist bei 48 eine Videouberwachungskamera 48 vorgesehen, mittels der die Vorgänge in der Prozeßkammer 7 an einem Monitor der Steuerungseinrichtung 13 oder/und an einem Monitor eines externen Rechners 50 beobachtet werden können. Der externe Rechner 50 ist über ein Netzwerk 52 mit dem internen Rechner der Steuerungseinrichtung 13 verbunden.

Der externe Rechner 50 dient dazu, die CAD-Daten zur Beschreibung des herzustellenden Formkörpers 21 aufzubereiten und in ein für den Rechner der Steuerungseinrichtung 13 erforderliches Format umzusetzen und die so präparierten Daten an den Rechner der Steuerungseinrichtung 13 über das Netzwerk 52 zu senden. Es sei darauf hingewiesen, daß an den Rechner 50 über das Netz 52 weitere Vorrichtungen zur Formkörperherstellung angeschlossen sein können.

Zur Erläuterung des Aufbaus und der Arbeitsweise der bereits angesprochenen Schichtenpräparator-Baugruppe 32 wird nachstehend auf Fig. 2 Bezug genommen.

Fig. 2 zeigt in einer stark schematisierten Schnittseitenansicht eine Teildarstellung des Trägers 19 mit dem im Entstehen befindlichen Formkörper 21 und dem daran angrenzenden Pulvermaterial P der bisherigen vier Pulverschichten L. Die Plattform 19 sei bei der Darstellung gemäß Fig. 2 bereits um den Betrag der gewünschten nächstfolgenden Pulverschichtdicke abgesenkt worden, so daß die nächste Schicht präpariert werden kann. Auf der Oberfläche des teilweise fertiggestellten Formkörpers 21 befindet sich beispielsweise die in Fig. 2 gezeigte Unebenheit 55, die an der Oberfläche fest anhaftet und z. B. von einem Spritzer des aufgeschmolzenen Pulvermaterials stammt. Es hat sich gezeigt, daß derartigen Unebenheiten immer wieder vorkommen und das Ergebnis der Präparation der gewünschten nächsten Schicht beeinträchtigen und darüber hinaus zu einem schnelleren Verschleiß der Schichtenpräparator-Baugruppe 32 führen können.

Gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Schichtenpräparator-Baugruppe 32 ein Schleifwerkzeug, im Beispielsfall die von einem Motor rotierend angetriebene Schleifwelle 60, auf, deren Lagerung in der Baugruppe 32 in Fig. 2 nicht erkennbar ist. Der untere Rand der mit Diamantsplittern o. dgl. an der Mantelfläche beschichteten Schleifwelle 60 befindet sich bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 auf einer Ebene E, die dem Soll-Niveau der nächstfolgenden Pulverschicht nach deren Präparation entspricht. Die Baugruppe 32 ist gemäß Fig. 2 von links nach rechts geführt verfahrbar, wobei die Linearführungen und der Antrieb für die Linearbewegung nicht erkennbar sind. Sobald die Bau-

gruppe 32 mit der Schleifwelle 60 in den Bereich über den Teilformkörper 21 kommt, steuert die Steuereinrichtung 13 den Antriebsmotor der Schleifwelle 60 an, so daß diese in Rotation versetzt wird. Beim Überfahren der Unebenheit 55 schleift die Schleifwelle 60 den über die Ebene E nach oben hin hervorstehenden Bereich der Unebenheit 55, so daß die Unebenheit 55 auf das Niveau der nächstfolgend zu präparierenden Pulverschicht eingeebnet wird. Nach Überstreichen des Teilkörpers 21 schaltet die Steuereinrichtung 13 den Schleifwellenantrieb wieder aus. Die Schichtenpräparator-Baugruppe 32 weist ein die Schleifwelle 60 von oben her teilweise umschließendes Gehäuse 62 auf, welches einen in Richtung quer zur Zeichenebene länglichen Trichter 64 bildet, der einen Vorrat an Werkstoffpulver für die Schichtenpräparation enthält. In Fahrtrichtung hinter der Schleifwelle 60 befindet sich am unteren Ende des Gehäuses 62 ein länglicher Ausgabespalt 66, aus dem über die gesamte Länge des trichterartigen Gehäuses 62 Pulver nach unten hin ausfließen kann. Das beispielsweise aus einem Kunststoff hergestellte Gehäuse 62 weist an seinem unteren Ende und zwar rückwärtig des Ausgabespalt 66 einen Glättungsschieber 68, z. B. aus Messing auf, der bei der Präparationsfahrt der Baugruppe 32 von links nach rechts in Fig. 2 das aus dem Spalt 66 austretende Pulver exakt auf dem gewünschten Niveau E verteilt und glättstreichet. Die Unterkante des Glättungsschiebers 68 befindet sich exakt auf Höhe des Niveaus E.

Im Beispielsfall war auch der untere Rand der Schleifwelle 60 auf dieses Niveau eingestellt. Gemäß einer alternativen Ausführungsform kann es vorgesehen sein, daß die Schleifwelle 60 mit ihrem unteren Rand weiter unten liegt als der Glättungsschieber 66. In diesem Sinne kann die Schleifwelle 60 sogar so tief stehen, daß sie ungeachtet etwaiger Unebenheiten 55 grundsätzlich die Oberfläche des zuletzt geschmolzenen und wiedererstarteten Bereichs des Teilkörpers 21 anschleift. Selbstverständlich ist bei Bedarf auch jede Höheneinstellung der Schleifwelle 60 zwischen diesen beiden Extremen möglich. Die Schleifwelle 60 ist in jedem Fall ein wichtiges Instrument für die Realisierung einer präzisen Schichtenpräparation. Da über das Niveau E hinaus nach oben abstehende Bereiche von Unebenheiten 55 von der Schleifwelle 60 weggeschliffen oder weggefräst werden, besteht auch nicht mehr die Gefahr, daß solche Unebenheiten den Glättungsschieber 68 verletzen. Der Drehsinn der Schleifwelle 60 kann ggf. nach Zweckmäßigkeitsgründen ausgewählt werden.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische CAD-Darstellung einer Schichtenpräparator-Baugruppe 32 der vorstehend erläuterten Art. Erkennbar sind der Glättungsschieber 68, das oben offene Kunststoffgehäuse 62 mit Unterteilung in drei Reservoirkammern 70, die parallel über den Ausgabespalt 66 Pulver nach unten hin abgeben können. Die Lage der Schleifwelle 60 ist bei 60' angedeutet. Ferner ist der steuerbare Elektromotor 72 für den Antrieb der Schleifwelle 60 zu erkennen, der mit seiner Motorwelle eine Zahnriemenscheibe 74 antreibt, die über einen betreffenden Zahnriemen mit einer Zahnriemenscheibe der Schleifwelle 60 zu deren Antrieb in Verbindung steht. Weiterhin erkennbar in Fig. 3 sind seitliche Flansche 76 zur Befestigung der Baugruppe 32 an die Linearführungsmittel und Antriebsmittel, die die Baugruppe 32 bei ihrer Präparationsfahrt führen und antreiben. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Baugruppe 32 ausgehend von einer in Fig. 1 am linken Ende der Prozeßkammer 7 liegenden Parkposition nach rechts zu einer Präparationsfahrt bewegt wird und dann im rechten Bereich der Prozeßkammer 7 verbleibt, bis der Bestrahlungsvorgang der zuletzt präparierten Schicht abgeschlossen ist. Die Steuereinrichtung 13 senkt dann den Träger 19 zunächst so weit ab,

daß die Baugruppe 32 ohne Gefahr der Kollision mit etwaigen Unebenheiten auf der Oberfläche des Teilkörpers 21 von rechts nach links zur ursprünglichen Parkposition unter Steuerung durch die Steuereinrichtung 13 zurückfahren kann. Danach wird der Träger 19 wieder auf Soll-Position für die folgende Schichtenpräparation eingestellt.

In der Parkposition kann die Schichtenpräparator-Baugruppe 32 neues Werkstoffpulver von einer Dosieranordnung 80 nachtanken, die außen auf dem Deckel 17 des Prozeßkammergehäuses 15 sitzt. In Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht des Prozeßkammergehäuses 15 gezeigt, in der die Lage der Dosiereinrichtung 80 auf dem Deckel 17 erkennbar ist. Dem Anschluß 84 des Beschickers oder Dosierers 80 wird über einem (nicht gezeigten) Schlauch Werkstoffpulver aus einem größeren Reservoir zugeführt. In dem trichterförmig nach unten hin erweiterten Bereich des Gehäuseteils 86, welches den Anschluß 84 aufweist, kann sich das Pulver über die gesamte Länge des Gehäuses 86 verteilen. Nach unten hin ist die von dem Gehäuse 86 gebildete Kammer von einer mit Dosiernuten 90 (vgl. Fig. 5) versehenen Dosierwelle 92 begrenzt. Die Dosierwelle 92 wird abschnittsweise von dem Schrittmotor 94 nach Maßgabe der Steuerung durch die Steuereinrichtung 13 gedreht, so daß nach jedem Drehschritt eine Dosiernut 90 mit einem Übergabespalt im Deckel 17 des Prozeßkammergehäuses 15 fluchtet und dabei das im Dosierspalt 90 befindliche Pulver in die Prozeßkammer 15 fallen läßt. Der Dosierspalt 98 (vgl. Fig. 1) befindet sich exakt über der Ausgangs-Parkposition der Schichtenpräparator-Baugruppe 32, so daß das jeweils von der Dosierbaugruppe 80 abgegebene Pulver unmittelbar in das Reservoirgehäuse 62 der Baugruppe 32 rieselt.

Nicht gezeigt ist eine Ausgestaltung der Schichtenpräparator-Baugruppe 32 mit zwei Schleifwellen, die für Präparationsfahrten in beiden Richtungen geeignet ist, wobei die jeweils vorlaufende Schleifwelle die während der Präparationsfahrt genutzte Schleifwelle ist. Zwischen den Schleifwellen befindet sich der Ausgabespalt für das Pulver und der Glättungsschieber.

Anzumerken ist ferner, daß die Vorrichtung nach der Erfindung Mittel zur Erfassung der Oberflächenrauigkeit des Teilkörpers 21 nach jedem Bestrahlungsvorgang aufweist, wobei die Steuereinrichtung 13 die Schleifwelle 60 nur dann aktiviert, falls die Oberflächenrauigkeitsmeßmittel eine ein vorbestimmtes Maß überschreitende Oberflächenrauigkeit des Teilkörpers 21 feststellen.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Schichtenpräparator-Baugruppe nach der Erfindung grundsätzlich auch bei anderen Prototyping-Verfahren und -Vorrichtungen Verwendung finden kann, beispielsweise bei Verfahren, die nach dem Lasersinterprinzip funktionieren oder bei dem Stereolithographieverfahren, bei dem aus einem fotohärtbaren flüssigen Kunststoff durch Belichtung ein Formkörper schichtweise erstellt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung eines Formkörpers (21) durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem Werkstoff, mit einem Träger (19) für den Schichtaufbau, einer Bestrahlungseinrichtung (34) zur Bestrahlung der jeweils zuletzt auf dem Träger (19) präparierten Werkstoffpulverschicht in einem dieser Schicht zugeordneten Querschnittsbereich des Modells des Formkörpers (21) mit einer Strahlung, insbesondere fokussierten Laserstrahlung, die das Werkstoffpulver in diesem Querschnittsbereich durch Erhitzen zum Verschmelzen bringt, einer Nivellier- und Glättungseinrichtung (32) zur Prä-

parierung der jeweils folgenden Werkstoffpulverschicht auf der zuletzt bestrahlten Schicht, wobei die Nivellier- und Glättungseinrichtung (32) einen im Abstand der gewünschten Pulverschichtdicke über der zuletzt bestrahlten Schicht hinweg bewegbaren Glättungsschieber zur Einebnung und Nivellierung einer jeweiligen Menge an Werkstoffpulver über der zuletzt bestrahlten Schicht aufweist,

dadurch gekennzeichnet, daß die Nivellier- und Glättungseinrichtung (32) eine Schleifvorrichtung (60) aufweist, die dazu eingerichtet ist, etwaige auf erschmolzenen und erstarrten Bereichen der zuletzt bestrahlten Schicht nach oben hin abstehende und haftende Unebenheiten zumindest teilweise abzuschleifen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifvorrichtung als Schleifwerkzeug eine von einem Elektromotor drehbar angetriebene Schleifwelle (60) umfaßt, die mittels einer Verschiebe-Antriebsvorrichtung über die zuletzt präparierte Schicht hinweg verfahrbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Höhenabstand zwischen der zuletzt präparierten Schicht und dem Schleifwerkzeug (60) insbesondere auf einen der gewünschten Dicke der zu präparierenden nächsten Schicht entsprechenden Wert oder einen kleineren Wert einstellbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifwellendrehung während der translatorischen Bewegung der Schleifwelle (60) gesteuert wahlweise ein- und ausschaltbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleifwerkzeug (60) und der Glättungsschieber (68) in einer Schichtpräparator-Baugruppe (32) zusammengefaßt sind, die insgesamt über die zuletzt präparierte Schicht hinweg geführt verfahrbar ist, um vorstehende, fest an den zuletzt verschmolzenen Bereichen haftende Unebenheiten zu schleifen und die jeweils nächste Schicht zu präparieren.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleifwerkzeug (60) in Vorwärts-Fahrtrichtung der Schichtenpräparator-Baugruppe (32) vor dem Glättungsschieber (68) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtenpräparator-Baugruppe (32) zwei Schleifwerkzeuge, insbesondere Schleifwellen, aufweist, zwischen denen wenigstens ein Glättungsschieber vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Nivellier- und Glättungseinrichtung (32) einen über der zuletzt präparierten Schicht hinweg verfahrbaren Pulverspender umfaßt, der während seiner Fahrbewegung Werkstoffpulver für die jeweils zu präparierende Werkstoffpulverschicht abgibt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Pulverspender (62) Bestandteil der verfahren Schichtenpräparator-Baugruppe (32) ist.

10. Schichtenpräparator-Baugruppe (32) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 9.

Fig. 2

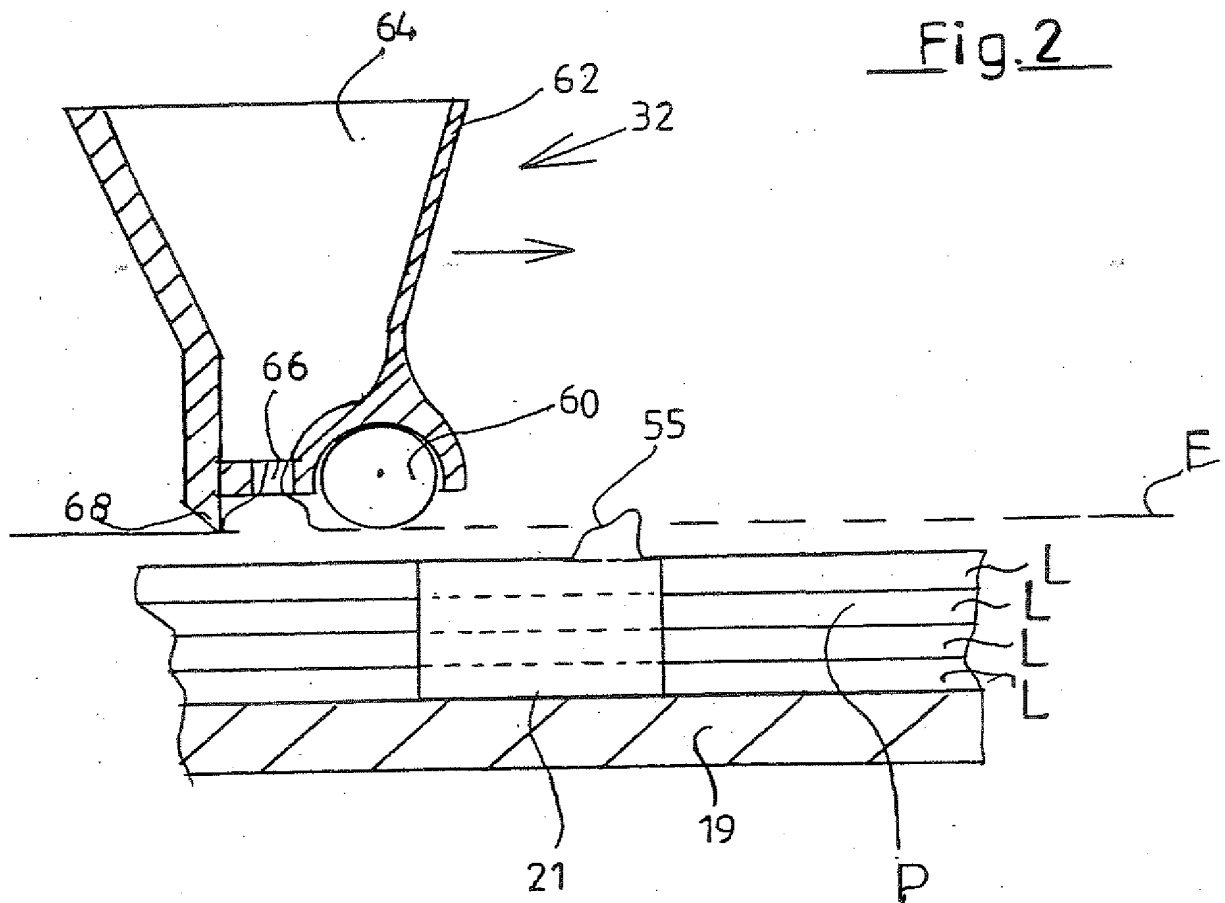
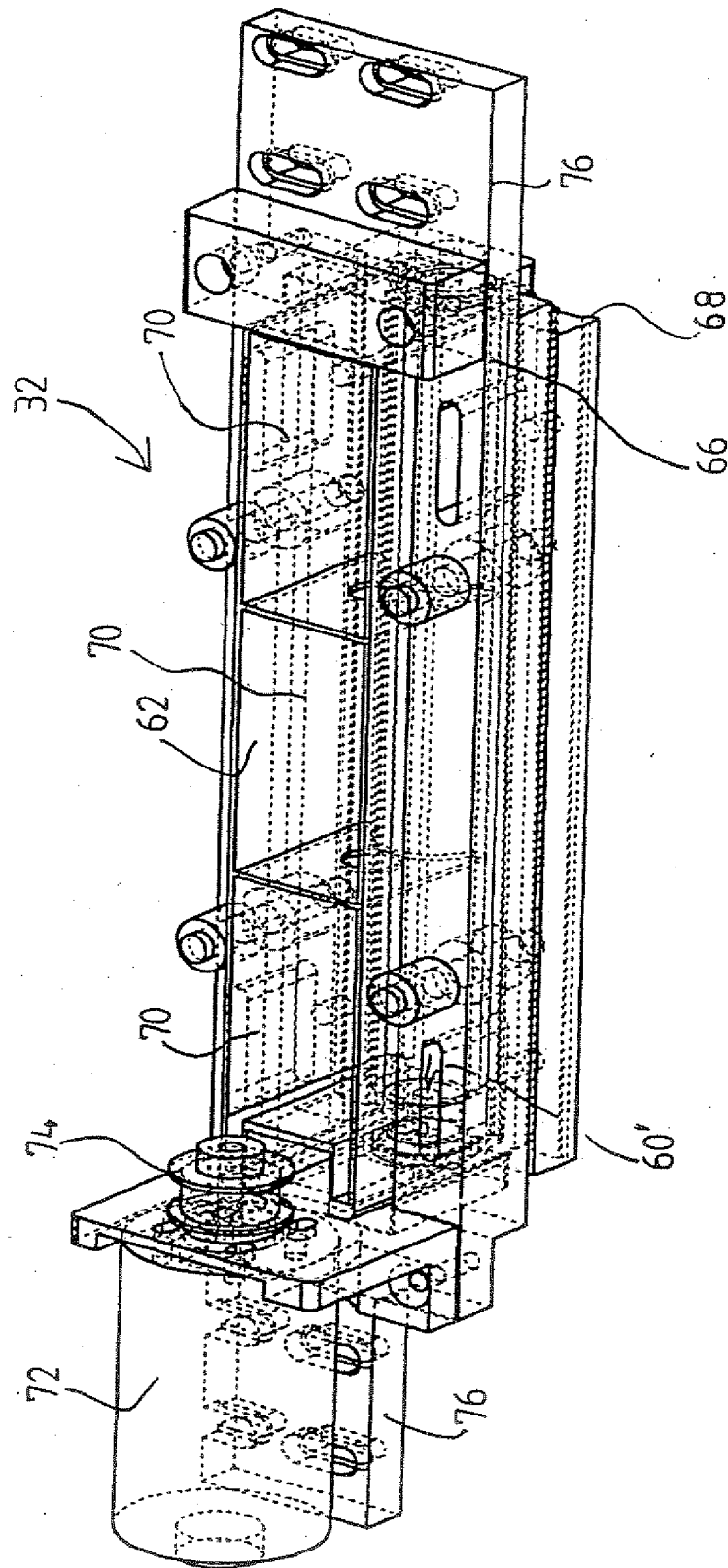
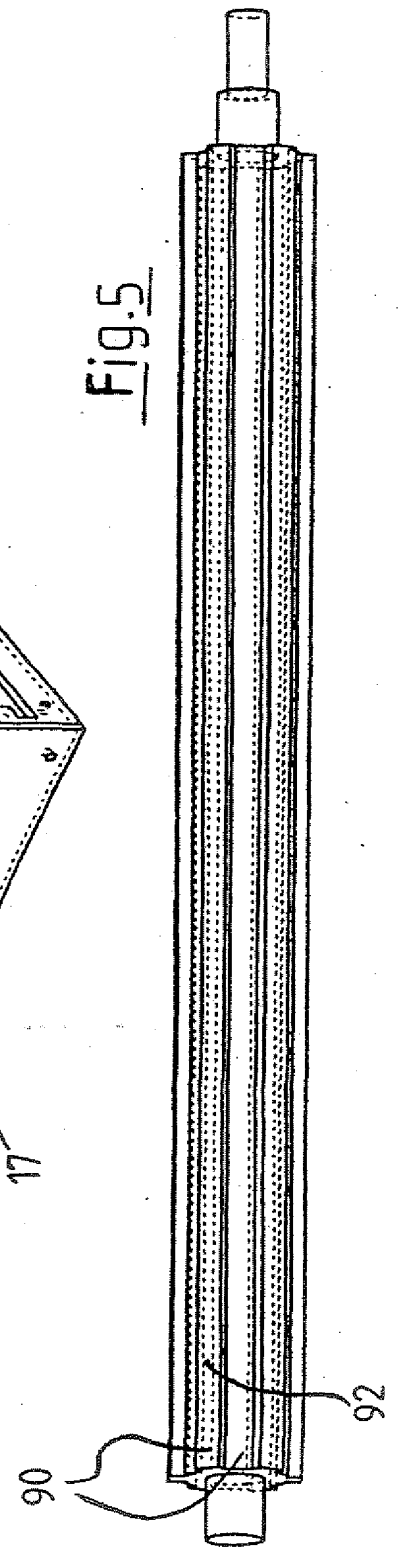
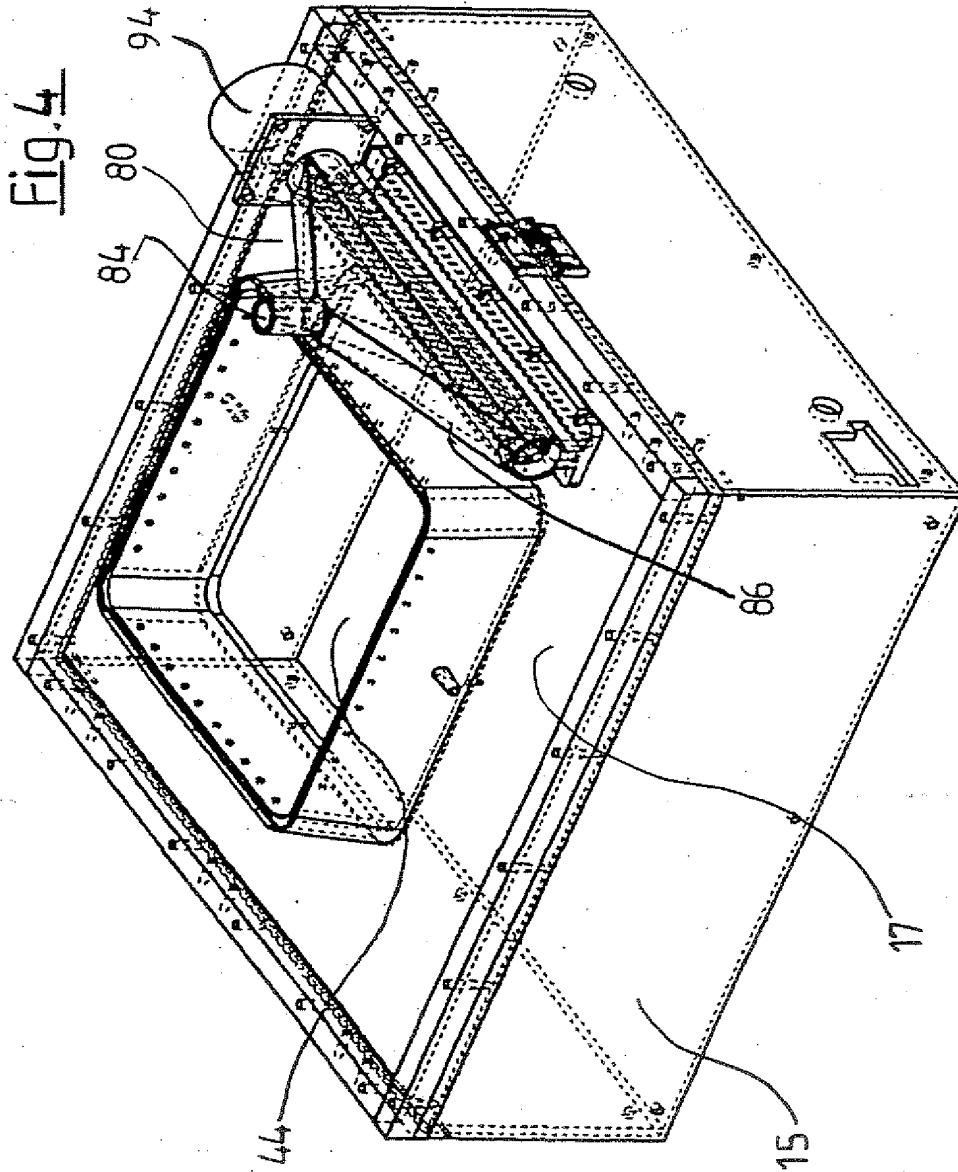


Fig. 3





Text

AN: PAT 2000-533904
TI: Layer-wise molding build-up apparatus, especially for laser prototyping of metallic articles, has a grinding tool for removing irregularities from a previously laser melted and solidified layer region
PN: **DE19905067-A1**
PD: 10.08.2000
AB: NOVELTY - Layer-wise molding build-up apparatus, comprises a grinding tool (60) for removing irregularities from a previously laser melted and solidified layer region. DETAILED DESCRIPTION - Apparatus for production of a molding (21) by layer-wise build-up from especially metallic powder comprises a support (19) for the built-up layers, a radiation device (34) for irradiating each individual powder layer over an associated molding design cross-sectional region especially with focused laser radiation to effect melting of the powder in this region, and a levelling and smoothing device (32) for preparing each subsequent powder layer on the last irradiated layer. The levelling and smoothing device (32) has a grinding tool (60) for grinding away protruding and adhering irregularities from the melted and solidified regions of the last irradiated layer. An INDEPENDENT CLAIM is also included for a layer preparation assembly (32) for use in the above apparatus.; USE - The apparatus is used for producing metallic articles by means of selective laser melting equipment of the type described in WO9824574, e.g. for prototyping of products, components, tools or replacement parts, but also in other prototyping processes e.g. employing laser sintering or stereolithographic processes in which mouldings are built up by exposure of photo-curable liquid plastics. ADVANTAGE - The grinding tool removes irregularities caused by solidified melt spatter to achieve improved levelling and smoothing of each layer. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic side cross-sectional view of a preferred apparatus. Support 19 Molding 21 Levelling and smoothing device 32 Irradiation device 34 Laser 38 Grinding tool 60
PA: (FOCKE/) FOCKELE M; (SCHW/) SCHWARZE D;
IN: FOCKELE M; SCHWARZE D;
FA: **DE19905067-A1** 10.08.2000;
CO: DE;
IC: B22F-003/105;
MC: M22-H03A;
DC: M22; P53;
FN: 2000533904.gif
PR: DE1005067 08.02.1999;
FP: 10.08.2000
UP: 03.10.2000

